

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-150543

(43)Date of publication of application : 02.06.1999

(51)Int.Cl.

H04L 12/28

H04Q 3/00

(21)Application number : 09-315637

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 17.11.1997

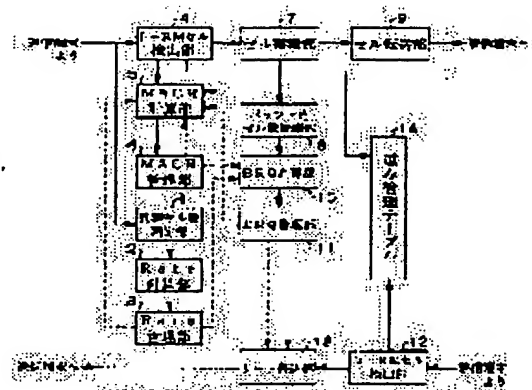
(72)Inventor : KAWAHARA RYOICHI  
OMOTANI MASAOKI

## (54) TRANSMISSION AVAILABLE RATE DECISION NOTICE METHOD AND ATM COMMUNICATION NODE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the transmission available rate decision notice method and the ATM communication node in which bands in a network are efficiently in use and the bands are assigned to users with impartial weighting even when connection of various negotiation parameters are mixed.

**SOLUTION:** When an f-RM cell detection section 4 detects a resource management cell f-RM cell among received cells, an MACR calculation section 5 reads a weight (w) decided in a connection with which the cell has been sent, from a weight management table 14. Then, the calculation section 5 calculates a mean aquired communication capable rate MACR, based on a communication capable rate CCR included in the cell, an input rate calculated by a Rate calculation section 2 and the MACR and an ERQ at a current point of time in a MACR management section 6 and an ERQ management section 11. Also based on the calculated MACR, an ERQ calculation section 10 calculates the ERQ for each prescribed measurement time block, and a rate write section 13 informs a transmission terminal of the transmission capable rate based on the calculated ERQ and the weight (w).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3328562

[Date of registration] 12.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-150543

(43)公開日 平成11年(1999)6月2日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

FI

H04L 12/28

H04L 11/20

G

H04Q 3/00

H04Q 3/00

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 23 頁)

(21)出願番号 特願平9-315637

(22)出願日 平成9年(1997)11月17日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 川原 亮一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 重谷 昌昭

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

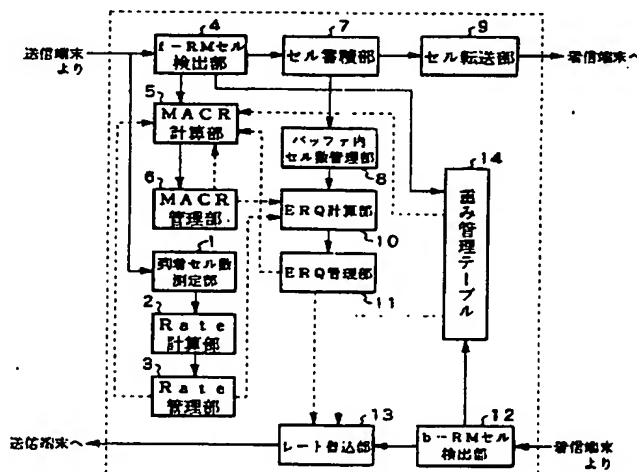
(74)代理人 弁理士 志賀 正武

(54)【発明の名称】 送信可能レート決定通知方法及びATM通信ノード

(57)【要約】

【課題】 様々な交渉パラメータのコネクションが混在しても、ネットワーク内の帯域を効率よく使用でき、ユーザ間に公平に帯域を重み付けして割り当てることができる送信可能レート決定通知方法及びATM通信ノードを提供すること。

【解決手段】 f-RMセル検出部4が送信されてきたセルの中からf-RMセルを検出すると、MACR計算部5は、当該セルが送られてきたコネクションに定められた重みwを重み管理テーブル14内から読み出し、上記セル内に含まれるCCR、Rate計算部2が算出した入力レート、MACR管理部6及びERQ管理部11内の現時点のMACR及びERQに基づいてMACRを算出する。そして、算出されたMACRに基づいて、ERQ計算部10が所定の測定時間区間毎にERQを算出し、レート番込部13により、算出されたERQと上記重みwに基づく送信可能レートが送信端末へ通知される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、  
 予め、各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルにより管理しておき、  
 前記コネクションから前記CCRの通知を受ける毎に、リンクの輻輳状態及び当該CCRと前記ERQとの大小関係に基づいて当該CCRによるMACRの変動を抑制するように前記MACRを更新すると共に、該MACRに基づいて一定の時間間隔で前記ERQを決定し、あるコネクションの送信側へ向かうRMセルをノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、 $w \times ERQ$ によりそのコネクションへ通知する送信可能レートを最終的に決定し、該最終的に決定した送信可能レートを、該コネクションへ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項2】 ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、  
 各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルに予め記憶しておき、  
 セルのリンクへの到着数Countを、ある測定時間区間T内で測定して、これに基づいてノードへの入力レートRateを計算し、  
 あるコネクションの送信側から現在のセル送出レートCCRが書き込まれたリソース管理セル（以下、RMセルという）を前記ノードが受けた時に、そのCCR値を読み出すと共にそのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、  
 その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えている場合、MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて  $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times \min(MACR, CCR/w)$  によりMACRを更新し、  
 その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えていない場合、前記ノード内で管理しているERQと予め定めた送信可能レート変動吸収 $\epsilon$ を用いて、 $CCR/w$ の値と $\epsilon \times ERQ$ の値とを比較し、 $CCR/w > \epsilon \times ERQ$ の場合には、MACRを更新せず、  
 $CCR/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻

輳状態検出用入力レートしきい値R2より小さい場合には、 $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times \max(MACR, CCR/w)$  によりMACRを更新し、

$CCR/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より大きい場合には  $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR/w$  によりMACRを更新し、

前記ノード内でのリンクへの出力待ちバッファにおけるセルの数が予め定めた輻輳検出しきい値thresholdを超えているか否かによって、リンクが輻輳状態か非輻輳状態かを判断し、

輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\beta \times MACR + (1 - \beta) \times R0 / Rate \times MACR, (1 - ERD) \times MACR)$  によりERQを計算し、

非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\gamma \times MACR + (1 - \gamma) \times R0 / Rate \times MACR, (1 + ERU) \times MACR)$  によりERQを計算し、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じた値を送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項3】 請求項2に記載の送信可能レート決定通知方法において、

前記各コネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルに予め記憶する代わりに、送信端末、または、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末で、そのコネクションに対する重みwを管理しておき、

前記ノードへ向かうRMセルにCCRと併せてそのコネクションに対する重みwも書き込ませ、

前記ノードが、あるコネクションの送信側からRMセルをノードが受信した時に、該RMセルからCCRと重みwを読み出し、これを用いてMACRの更新およびERQの計算を行い、

前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwをRMセルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じた値を送信可能レートとしてRMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項4】 ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCR

3

Rの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、

各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルに予め記憶しておき、セルのリンクへの到着数Countを、ある測定時間区間T内で測定して、これに基づいてノードへの入力レートRateを計算し、

あるコネクションの送信側から現在のセル送出レートCCRおよびそのコネクションに対してコネクション設定時に定められた最低保証レートMCRが書き込まれたリソース管理セル（以下、RMセルという）を前記ノードが受けた時に、そのCCR値およびMCR値を読み出すと共にそのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、

その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えている場合、MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \min(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$ によりMACRを更新し、その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えていない場合、前記ノード内で管理しているERQと予め定めた送信可能レート変動吸収 $\epsilon$ を用いて、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w$ の値と $\epsilon \times \text{ERQ}$ の値とを比較し、

$(\text{CCR}-\text{MCR})/w > \epsilon \times \text{ERQ}$ の場合には、MACRを更新せず、

$(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より小さい場合には、 $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \max(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$ によりMACRを更新し、

$(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より大きい場合には $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times (\text{CCR}-\text{MCR})/w$ によりMACRを更新し、

前記ノード内でのリンクへの出力待ちバッファにおけるセルの数が予め定めた輻輳検出しきい値thresholdを超えているか否かによって、リンクが輻輳状態か非輻輳状態かを判断し、

輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\beta \times \text{MACR} + (1-\beta) \times R0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1-\text{ERD}) \times \text{MACR})$ によりERQを計算し、

非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\gamma \times \text{MA}$

4

$\text{CR} + (1-\gamma) \times R0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1+\text{ERU}) \times \text{MACR})$ によりERQを計算し、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、当該RMセルからMCRを読み出すと共に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じ、さらに前記RMセルから読み出したMCR値を加えた値を、送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項5】 請求項4に記載の送信可能レート決定通知方法において、

前記各コネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルに予め記憶する代わりに、送信端末、または、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末で、そのコネクションに対する重みwを管理しておき、

前記ノードへ向かうRMセルにCCRおよびMCRと併せてそのコネクションに対する重みwも書き込ませ、

前記ノードが、あるコネクションの送信側からRMセルをノードが受信した時に、該RMセルからCCR、MCR、および、重みwを読み出し、これを用いてMACRの更新およびERQの計算を行い、

前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwをRMセルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算した送信可能レートERQを乗じ、さらに前記RMセルから読み出したMCR値を加えた値を、送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項6】 請求項2ないし5のうち、いずれか1項に記載の送信可能レート決定通知方法において、

前記ノード、または、送信端末、もしくは、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末において、各コネクションに対する重みwを予め記憶する代わりに、前記RMセル内に書き込まれたMCRの値と、予め記憶したMCRの基準値MCR\*と、前記MCRが0の時に重みwが0となることを防ぐために予め記憶されているパラメータ $\delta$ を用いて、 $\max(\text{MCR}, \delta) / \text{MCR}^*$ をそのコネクションの重みwとし、該重みwを用いて前記MACRおよびERQを算出し、該算出した結果に基づいて送信可能レートを決定し、送信側へ通知することを特徴とする送信可能レート決定通知方法。

【請求項7】 ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する

ATM通信ノードにおいて、  
 前記MACRを記憶したMACR記憶手段と、  
 前記ERQを記憶したERQ記憶手段と、  
 前記各コネクションに対する重みwを予め記憶した重み管理テーブルと、  
 セルの入力レートRateを計算する入力レート算出手段と、  
 前記複数のコネクションの送信側から送信されたリソース管理セル（以下、RMセルという）からCCRを検出する検出手段と、  
 前記検出手段によりCCRが検出されると、該CCRが送信されてきたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該CCRの値と該読み出した重みwとに基づいて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRを更新するMACR更新手段と、  
 リンクが輻輳状態にあるかまたは非輻輳状態にあるかを判断し、その判断結果に応じて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRと、所定のパラメータとに基づいて前記ERQ記憶手段に記憶されたERQを更新するERQ更新手段と、  
 前記各コネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのRMセルが向けられたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwと前記更新されたERQ記憶手段に記憶されたERQとに基づいて決定された送信可能レートを、当該RMセルに書き込み、送信側へ通知する書き込み手段とを具備することを特徴とするATM通信ノード。

【請求項8】 前記MACR更新手段は、リンクが輻輳状態であることを判定するための輻輳状態検出用入力レートしきい値R1、リンクが非輻輳状態であることを判定するための非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2、前記検出されたCCRをどの程度MACRに反映させるかを決定するMACR更新用減衰計数 $\alpha$ 、および、前記検出されたCCRの値をMACRに足し込むか否かを判定するための送信可能レート変動吸収パラメータ $\epsilon$ を記憶した第1の記憶手段を有してなり、  
 前記検出手段によりCCRが検出されると、該CCRが送られたコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レートRateが前記輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えている場合、前記MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて $(1 - \alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \min(\text{MACR}, \text{CCR}/w)$ によりMACRを更新し、該入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えていない場合、前記ERQ記憶手段に記憶されているERQと前記送信可能レート変動吸収パラメータ $\epsilon$ を用いて、 $\text{CCR}/w$ の値と $\epsilon \times \text{ERQ}$ の値とを比較し、 $\text{CCR}/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ の場合には、MACRを更新せず、 $\text{CCR}/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが前記非輻輳状態検出用入力

レートしきい値R2より小さい場合には、 $(1 - \alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \max(\text{MACR}, \text{CCR}/w)$ によりMACRを更新し、 $\text{CCR}/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より大きい場合には $(1 - \alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \text{CCR}/w$ によりMACRを更新することを特徴とする請求項7に記載のATM通信ノード。

【請求項9】 ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定するATM通信ノードにおいて、  
 前記MACRを記憶したMACR記憶手段と、  
 前記ERQを記憶したERQ記憶手段と、  
 前記各コネクションに対する重みwを予め記憶した重み管理テーブルと、  
 セルの入力レートRateを計算する入力レート算出手段と、  
 前記複数のコネクションの送信側から送信されたリソース管理セル（以下、RMセルという）からCCRおよび該RMセルが送られてきたコネクションに対してコネクション設定時に定められた最小保証レートMCRを検出する検出手段と、前記検出手段によりCCRおよびMCRが検出されると、該CCRおよびMCRが送信されてきたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該CCRおよびMCRの値と該読み出した重みwとに基づいて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRを更新するMACR更新手段と、  
 リンクが輻輳状態にあるかまたは非輻輳状態にあるかを判断し、その判断結果に応じて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRと、所定のパラメータとに基づいて前記ERQ記憶手段に記憶されたERQを更新するERQ更新手段と、  
 前記各コネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのRMセルが向けられたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwと前記MCRと前記更新されたERQ記憶手段に記憶されたERQとに基づいて決定された送信可能レートを、当該RMセルに書き込み、送信側へ通知する書き込み手段とを具備することを特徴とするATM通信ノード。

【請求項10】 前記MACR更新手段は、  
 リンクが輻輳状態であることを判定するための輻輳状態検出用入力レートしきい値R1、リンクが非輻輳状態であることを判定するための非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2、前記検出されたCCRをどの程度MACRに反映させるかを決定するMACR更新用減衰計数 $\alpha$ 、および、前記検出されたCCRの値をMACRに足

し込むか否か判定するための送信可能レート変動吸収パラメータ $\epsilon$ を記憶した第1の記憶手段を有してなり、前記検出手段によりCCRおよびMCRが検出されると、該CCRが送られたコネクションに対する重み $w$ を前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レートRateが前記輻輳状態検出用入力レートしきい値 $R_1$ を越えている場合、前記MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \min(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$ によりMACRを更新し、該入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値 $R_1$ を越えていない場合、前記ERQ記憶手段に記憶されているERQと前記送信可能レート変動吸収パラメータ $\epsilon$ を用いて、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w$ の値と $\epsilon \times \text{ERQ}$ の値とを比較し、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w > \epsilon \times \text{ERQ}$ の場合には、MACRを更新せず、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが前記非輻輳状態検出用入力レートしきい値 $R_2$ より小さい場合には、 $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \max(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$ によりMACRを更新し、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値 $R_2$ より大きい場合には、 $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times (\text{CCR}-\text{MCR})/w$ によりMACRを更新することを特徴とする請求項9に記載のATM通信ノード。

【請求項11】 前記ERQ更新手段は、前記目標入力レート $R_0$ と、リンクが輻輳状態にあると判断された場合ERQの算出の際に用いられる所定のレート低下用減衰計数 $\beta$ と、ERQが不十分にしか小さくならないことを抑制するためのパラメータである急変動抑止下限値ERDと、リンクが非輻輳状態にあると判断された場合ERQの算出の際に用いられる所定のレート増加用減衰計数 $\gamma$ と、ERQが過度に大きくなることを抑制するためのパラメータである急変動抑止上限値ERUとを記憶した第2の記憶手段を有してなり、輻輳状態と判断された場合は、前記MACR、入力レートRate、輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レート $R_0$ を用いて、 $\min(\beta \times \text{MACR} + (1-\beta) \times R_0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1-\text{ERD}) \times \text{MACR})$ により暫定送信可能レートERQを更新し、非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レート $R_0$ を用いて、 $\min(\gamma \times \text{MACR} + (1-\gamma) \times R_0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1+\text{ERU}) \times \text{MACR})$ により暫定送信可能レートERQを更新することを特徴とする請求項7ないし10のうちいずれか1項に記載のATM通信ノード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ATM (Asynchronous Transfer Mode) 方式を用いた通信網において、当該通信網内の各端末へ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法およびATM通信ノードに関する。

【0002】

【従来の技術】ATM方式を用いた通信網において、ATMレイヤのサービスカテゴリの1つとして定義されるABR (Available Bit Rate) サービスは、コネクション設定時に送信可能レートの最大値 (最高レート) PCR (Peak Cell Rate) と最小値 (最低保証レート) MCR (Minimum Cell Rate) とをユーザとネットワーク間における交渉により決定し、セル廃棄をできるだけ起こさないように各コネクションからの送信可能レートACR (Allowed Cell Rate) を最大値PCRと最小値MCRの間で制御しながら運用することを特徴としている。

【0003】ABRのサービス対象は、インターネット等のデータ通信サービスである。このABRサービスでは事前に必要帯域の予約を行っていないが、その場合、通常は高負荷時にセル廃棄が起こる可能性がある。そして、ATM方式を利用した通信網においては1つのセルの廃棄がパケット全体の再送につながってしまい、網の効率が低下する可能性がある。そこで、ABRサービスでは、網の効率低下を避けるためリソース管理用セル (以下、単にRMセルと記す) による端末一網間での動作状況通知機能により、各コネクションからの送信可能レートACRを調整して網の輻輳を回避している。このRMセルは、情報転送のためのセルに混じって、通常、数十セル毎に1セルの割合で送信端末と受信端末間でやりとりされる。

【0004】上記のような制御を行うために、ABRサービスにはER (Explicit Cell Rate) モードという制御方法がある。ERモードは輻輳点のノードにおいて着信端末からのRMセルに、ノード内で計算された各コネクションに対する割当帯域を書き込み、送信端末へ通知して送信可能レートを制御する方法である。従来のERモードを用いたレート制御を大別すると、以下の2つの制御方法がある。

【0005】①ノード内において各コネクションから送られるRMセル内の所定のフィールドに格納され、かつ、各コネクションからノードへ通知される、現在の送信可能レート (以下、CCRと記す) を読み、各送信端末からのCCRの平均値 (以下、MACRと記す) を計算して制御する方法。

【0006】②コネクション毎にCCRの値や各コネクションがアクティブか否か、他のノードがネックになって該ノードで制御不可か否か等の状態をノード内で管理し、それらをもとにコネクション毎に送信可能レートERQを計算して制御する方法。

【0007】上述したERモードにおける2つの従来方

法のうち、①のMACRを用いる方法では、各コネクションを区別することなくMACRとERQの計算を行っているので、ERQより高いMCRのコネクションから高いCCRが混在してきた場合には、その高いCCRに引かれてMACRが高めに収束し、輻輳の回避が遅れセル廃棄が多くなり、網の効率が低下する恐れがある。また逆にERQより低いPCRのコネクション、あるいは、他ノードがネックとなっているコネクションから低いCCRが混在してきた場合には、MACRが低めに収束して、ネットワーク内の帯域を使いきれない等の可能性がある。

【0008】また、②のコネクション毎に状態を管理して制御する方法では、コネクション毎にERQを計算するので、上記MACRを用いる方法における問題点を解決できる可能性がある。しかし、テーブルを用意しコネクション毎に状態を管理する方法において、例えば最新のCCRを管理する方法では、送信端末からのRMセル（以下、f-RMセルと記す）がノードに到着する毎に読み込んだ情報をもとにノード内にコネクション毎のテーブルを用意し、送信端末へ向かうRMセル（以下、b-RMセルと記す）がノードに到着するたびに、コネクション毎に計算されたERQを管理しているテーブルを読み、その値をb-RMセルに書き込む処理が発生するので、最も処理負荷が大きくなる。

【0009】上記の問題を解決する方法として、特願平09-119927号（「送信可能レート決定方法および装置ならびにATMノード」）が提案されている。この方法によれば、各コネクション毎に状態管理することなく、様々な交渉パラメータのコネクションが混在しても、MACRが高めまたは低めに収束しないように、高いMCRや低いPCR、または、他ノードがネックとなってレートの上がらない、ノードでは制御不可なコネクションのCCRを除いてMACRの計算を行い、輻輳を回避して帯域を効率的に利用することにより高スループットを維持できる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した方法では、コネクション毎に区別せずに一律に送信可能レートERQを送信端末へ返すため、例えば、高いPCRのコネクションの送信可能レートが、低いPCRのコネクションのそれと同じになり、各コネクションのPCR値に見合った帯域を割り当ててを公平な割当と考える場合には対応できない。これに対し、コネクション毎に状態管理を行う方法であれば、コネクション毎にERQを計算できるので、様々な公平性の考えに沿うことが可能であるが、その反面、公衆網のような多くのコネクションをサポートする場合には処理負荷の問題が生じる。

【0011】一方、前述した①のMACRを用いる方法において、一律に計算された送信可能レート（ERQ）

を、トラフィック条件を仮定して決定した重みに従って各コネクションへ配分するようにした場合には、実際のトラフィック条件が仮定したトラフィック条件と異なる場合、入力レートの低下や輻輳状態の継続を招く恐れがある。また、高いクラスのコネクション（重みが大きいコネクション）数の割合が、仮定した割合より大きい場合には、MACRが高めに収束して輻輳の回避が遅れセル廃棄が多くなり、網の効率が低下する恐れがある。これとは逆に、低いクラスのコネクション（重みが小さいコネクション）数の割合が、仮定した割合より大きい場合には、MACRが低めに収束してネットワーク内の帯域を使いきれない等の可能性がある。

【0012】本発明の目的は、上記問題を解決するために、コネクション毎に状態管理することなく、各コネクションからノードへ通知される現在のセル送出レートCCRを、各コネクションに対する重みにより正規化してからその平均値MACRを求め、その値のまわりでノードへ加わる負荷の状況に応じて暫定的な送信可能レート（暫定送信可能レート）ERQを計算し、それを各コネクションへ重み付けして配分することにより、ユーザが要求する様々な交渉パラメータ（PCR、MCR）のコネクションの混在時にもユーザ間に公平に帯域を重み付けして割り当てることが可能な送信可能レート決定通知方法およびATM通信ノードを提案することにある。

【0013】ここで、上述した「重み」とは、コネクション（実体的には「ユーザ」と同じ）に対して割り当てられるパラメータで、当該コネクション（ユーザ）の、帯域割り当てにおける重要度を反映するものである。例えば、コネクション#1は、月額3万円で、コネクション#2は、月額1万円で契約して、共にABRサービスを利用している時、料金の差に応じて、帯域割り当てに差を付けるのが公平になる。上記の重みはこのような場合に使用できる。また、重みは上記のように料金にのみ対応して定めなければならないものではなく、様々な要素の中から、ネットワークの提供者にとって何を公平とするかの価値観を反映させて適宜選択すればよい。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、予め、各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルにより管理しておき、前記コネクションから前記CCRの通知を受ける毎に、リンクの輻輳状態及び当該CCRと前記ERQとの大小関係に基づいて当該CCRによるMACRの変動を抑制するように前記MACRを



更新すると共に、該MACRに基づいて一定の時間間隔で前記ERQを決定し、あるコネクションの送信側へ向かうRMセルをノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、 $w \times ERQ$ によりそのコネクションへ通知する送信可能レートを最終的に決定し、該最終的に決定した送信可能レートを、該コネクションへ通知することを特徴としている。

【0015】また、請求項2に記載の発明は、ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルに予め記憶しておき、セルのリンクへの到着数Countを、ある測定時間区間T内で測定して、これに基づいてノードへの入力レートRateを計算し、あるコネクションの送信側から現在のセル送出レートCCRが書き込まれたリソース管理セル（以下、RMセルという）を前記ノードが受けた時に、そのCCR値を読み出すと共にそのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えている場合、MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて  $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times \min(MACR, CCR/w)$  によりMACRを更新し、その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えていない場合、前記ノード内で管理しているERQと予め定めた送信可能レート変動吸収 $\epsilon$ を用いて、 $CCR/w$ の値と $\epsilon \times ERQ$ の値とを比較し、 $CCR/w > \epsilon \times ERQ$ の場合には、MACRを更新せず、 $CCR/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より小さい場合には、 $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times \max(MACR, CCR/w)$  によりMACRを更新し、 $CCR/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より大きい場合には  $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR/w$  によりMACRを更新し、前記ノード内でのリンクへの出力待ちバッファにおけるセルの数が予め定めた輻輳検出しきい値thresholdを超えているか否かによって、リンクが輻輳状態か非輻輳状態かを判断し、輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\beta \times MACR + (1 - \beta) \times R0 / Rate \times MACR, (1 - ERD) \times MACR)$  によりERQを計算し、非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶し

ている非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\gamma \times MACR + (1 - \gamma) \times R0 / Rate \times MACR, (1 + ERU) \times MACR)$  によりERQを計算し、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じた値を送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴としている。

【0016】また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の送信可能レート決定通知方法において、前記各コネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルに予め記憶する代わりに、送信端末、または、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末で、そのコネクションに対する重みwを管理しておき、前記ノードへ向かうRMセルにCCRと併せてそのコネクションに対する重みwも書き込ませ、前記ノードが、あるコネクションの送信側からRMセルをノードが受信した時に、該RMセルからCCRと重みwを読み出し、これを用いてMACRの更新およびERQの計算を行い、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwをRMセルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じた値を送信可能レートとしてRMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴としている。

【0017】また、請求項4に記載の発明は、ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する送信可能レート決定通知方法において、各コネクションに対する重みwをノード内管理テーブルに予め記憶しておき、セルのリンクへの到着数Countを、ある測定時間区間T内で測定して、これに基づいてノードへの入力レートRateを計算し、あるコネクションの送信側から現在のセル送出レートCCRおよびそのコネクションに対してコネクション設定時に定められた最低保証レートMCRが書き込まれたリソース管理セル（以下、RMセルという）を前記ノードが受けた時に、そのCCR値およびMCR値を読み出すと共にそのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えている場合、MACR更新用減衰計数 $\alpha$ を用いて  $(1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times \min(MACR, (CCR - MCR) / w)$  によりMACRを更新し、その時の入力レートRateが輻輳状態検出用入力レートしきい値R1を越えていない場合、



前記ノード内で管理しているERQと予め定めた送信可能レート変動吸収 $\epsilon$ とを用いて、 $(CCR-MCR)/w$ の値と $\epsilon \times ERQ$ の値とを比較し、 $(CCR-MCR)/w > \epsilon \times ERQ$ の場合には、MACRを更新せず、 $(CCR-MCR)/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より小さい場合には、 $(1-\alpha) \times MACR + \alpha \times \max(MACR, (CCR-MCR)/w)$ によりMACRを更新し、 $(CCR-MCR)/w \leq \epsilon \times ERQ$ で、かつ、入力レートRateが非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2より大きい場合には $(1-\alpha) \times MACR + \alpha \times (CCR-MCR)/w$ によりMACRを更新し、前記ノード内のリンクへの出力待ちバッファにおけるセルの数が予め定めた輻輳検出しきい値thresholdを超えているか否かによって、リンクが輻輳状態か非輻輳状態かを判断し、輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\beta \times MACR + (1-\beta) \times R0 / Rate \times MACR, (1-ERD) \times MACR)$ によりERQを計算し、非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\gamma \times MACR + (1-\gamma) \times R0 / Rate \times MACR, (1+ERU) \times MACR)$ によりERQを計算し、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、当該RMセルからMCRを読み出すと共に、そのコネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算したERQを乗じ、さらに前記RMセルから読み出したMCR値を加えた値を、送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴としている。

【0018】また、請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の送信可能レート決定通知方法において、前記各コネクションに対する重みwを前記ノード内管理テーブルに予め記憶する代わりに、送信端末、または、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末で、そのコネクションに対する重みwを管理しておき、前記ノードへ向かうRMセルにCCRおよびMCRと併せてそのコネクションに対する重みwも書き込ませ、前記ノードが、あるコネクションの送信側からRMセルをノードが受信した時に、該RMセルからCCR、MCR、および、重みwを読み出し、これを用いてMACRの更新およびERQの計算を行い、前記あるコネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのコネクションに対する重みwをRMセルから読み出し、該読み出した重みwに前記計算した送信可能レートERQを乗じ、さらに前記RMセルから読

み出したMCR値を加えた値を、送信可能レートとして当該RMセルに書き込み、送信側へ通知することを特徴としている。

【0019】また、請求項6に記載の発明は、請求項2ないし5のうち、いずれか1項に記載の送信可能レート決定通知方法において、前記ノード、または、送信端末、もしくは、該送信端末と前記ノードと間に各コネクション毎に設置した仮想送信端末において、各コネクションに対する重みwを予め記憶する代わりに、前記RMセル内に書き込まれたMCRの値と、予め記憶したMCRの基準値MCR\*と、前記MCRが0の時に重みwが0となることを防ぐために予め記憶されているパラメータ $\delta$ とを用いて、 $\max(MCR, \delta) / MCR^*$ をそのコネクションの重みwとし、該重みwを用いて前記MACRおよびERQを算出し、該算出した結果に基づいて送信可能レートを決定し送信側へ通知することを特徴としている。

【0020】また、請求項7に記載の発明は、ATM方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レートCCRの平均値MACRを用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レートERQを計算し、該暫定送信可能レートERQに基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定するATM通信ノードにおいて、前記MACRを記憶したMACR記憶手段と、前記ERQを記憶したERQ記憶手段と、前記各コネクションに対する重みwを予め記憶した重み管理テーブルと、セルの入力レートRateを計算する入力レート算出手段と、前記複数のコネクションの送信側から送信されたリソース管理セル（以下、RMセルという）からCCRを検出する検出手段と、前記検出手段によりCCRが検出されると、該CCRが送信されてきたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該CCRの値と該読み出した重みwとに基づいて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRを更新するMACR更新手段と、リンクが輻輳状態にあるかまたは非輻輳状態にあるかを判断し、その判断結果に応じて前記MACR記憶手段に記憶されたMACRと、所定のパラメータとに基づいて前記ERQ記憶手段に記憶されたERQを更新するERQ更新手段と、前記各コネクションの送信側へ向かうRMセルを前記ノードが受信した際に、そのRMセルが向けられたコネクションに対する重みwを前記重み管理テーブルから読み出し、該読み出した重みwと前記更新されたERQ記憶手段に記憶されたERQとに基づいて決定された送信可能レートを、当該RMセルに書き込み、送信側へ通知する書き込み手段とを具備することを特徴としている。

【0021】また、請求項8に記載の発明は、請求項7に記載のATM通信ノードにおいて、前記MACR更新手段は、リンクが輻輳状態であることを判定するための

輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$ 、リンクが非輻輳状態であることを判定するための非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$ 、前記検出された CCR をどの程度 MACR に反映させるかを決定する MACR 更新用減衰計数  $\alpha$ 、および、前記検出された CCR の値を MACR に足し込むか否かを判定するための送信可能レート変動吸収パラメータ  $\epsilon$  を記憶した第 1 の記憶手段を有してなり、前記検出手段により CCR が検出されると、該 CCR が送られたコネクションに対する重み  $w$  を前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レート Rate が前記輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$  を越えている場合、前記 MACR 更新用減衰計数  $\alpha$  を用いて  $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \min(\text{MACR}, \text{CCR}/w)$  により MACR を更新し、該入力レート Rate が輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$  を越えていない場合、前記 ERQ 記憶手段に記憶されている ERQ と前記送信可能レート変動吸収パラメータ  $\epsilon$  を用いて、 $\text{CCR}/w$  の値と  $\epsilon \times \text{ERQ}$  の値とを比較し、 $\text{CCR}/w > \epsilon \times \text{ERQ}$  の場合には、MACR を更新せず、 $\text{CCR}/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$  で、かつ、入力レート Rate が前記非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$  より小さい場合には、 $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \max(\text{MACR}, \text{CCR}/w)$  により MACR を更新し、 $\text{CCR}/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$  で、かつ、入力レート Rate が非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$  より大きい場合には  $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \text{CCR}/w$  により MACR を更新することを特徴としている。

【0022】また、請求項 9 に記載の発明は、ATM 方式の通信網で用いられ、複数のコネクションから通知される現在の送信可能レート CCR の平均値 MACR を用いて、各コネクションへ通知する送信可能レートを暫定的に定めた暫定送信可能レート ERQ を計算し、該暫定送信可能レート ERQ に基づいて各コネクションへ通知する送信可能レートを決定する ATM 通信ノードにおいて、前記 MACR を記憶した MACR 記憶手段と、前記 ERQ を記憶した ERQ 記憶手段と、前記各コネクションに対する重み  $w$  を予め記憶した重み管理テーブルと、セルの入力レート Rate を計算する入力レート算出手段と、前記複数のコネクションの送信側から送信されたリソース管理セル（以下、RMセルという）から CCR および該 RMセルが送られてきたコネクションに対してコネクション設定時に定められた最小保証レート MCR を検出する検出手段と、前記検出手段により CCR および MCR が検出されると、該 CCR および MCR が送信されてきたコネクションに対する重み  $w$  を前記重み管理テーブルから読み出し、該 CCR および MCR の値と該読み出した重み  $w$  とに基づいて前記 MACR 記憶手段に記憶された MACR を更新する MACR 更新手段と、リンクが輻輳状態にあるかまたは非輻輳状態にあるかを判断し、その判断結果に応じて前記 MACR 記憶手段に記憶された MACR と、所定のパラメータとに基づいて前記

ERQ 記憶手段に記憶された ERQ を更新する ERQ 更新手段と、前記各コネクションの送信側へ向かう RMセルを前記ノードが受信した際に、その RMセルが向けられたコネクションに対する重み  $w$  を前記重み管理テーブルから読み出し、該読み出した重み  $w$  と前記 MCR と前記更新された ERQ 記憶手段に記憶された ERQ とに基づいて決定された送信可能レートを、当該 RMセルに書き込み、送信側へ通知する書き込み手段とを具備することを特徴としている。

【0023】また、請求項 10 に記載の発明は、請求項 9 に記載の ATM 通信ノードにおいて、前記 MACR 更新手段は、リンクが輻輳状態であることを判定するための輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$ 、リンクが非輻輳状態であることを判定するための非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$ 、前記検出された CCR をどの程度 MACR に反映させるかを決定する MACR 更新用減衰計数  $\alpha$ 、および、前記検出された CCR の値を MACR に足し込むか否かを判定するための送信可能レート変動吸収パラメータ  $\epsilon$  を記憶した第 1 の記憶手段を有してなり、前記検出手段により CCR および MCR が検出されると、該 CCR が送られたコネクションに対する重み  $w$  を前記ノード内管理テーブルから読み出し、その時の入力レート Rate が前記輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$  を越えている場合、前記 MACR 更新用減衰計数  $\alpha$  を用いて  $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \min(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$  により MACR を更新し、該入力レート Rate が輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1$  を越えていない場合、前記 ERQ 記憶手段に記憶されている ERQ と前記送信可能レート変動吸収パラメータ  $\epsilon$  を用いて、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w$  の値と  $\epsilon \times \text{ERQ}$  の値とを比較し、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w > \epsilon \times \text{ERQ}$  の場合には、MACR を更新せず、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$  で、かつ、入力レート Rate が前記非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$  より小さい場合には、 $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times \max(\text{MACR}, (\text{CCR}-\text{MCR})/w)$  により MACR を更新し、 $(\text{CCR}-\text{MCR})/w \leq \epsilon \times \text{ERQ}$  で、かつ、入力レート Rate が非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2$  より大きい場合には  $(1-\alpha) \times \text{MACR} + \alpha \times (\text{CCR}-\text{MCR})/w$  により MACR を更新することを特徴としている。

【0024】また、請求項 11 に記載の発明は、請求項 7 ないし 10 のうちいずれか 1 項に記載の ATM 通信ノードにおいて、前記 ERQ 更新手段は、前記目標入力レート  $R_0$  と、リンクが輻輳状態にあると判断された場合 ERQ の算出の際に用いられる所定のレート低下用減衰計数  $\beta$  と、ERQ が不十分にしか小さくならないことを抑制するためのパラメータである急変動抑止下限値 ERD と、リンクが非輻輳状態にあると判断された場合 ERQ の算出の際に用いられる所定のレート増加用減衰計数  $\gamma$  と、ERQ が過度に大きくなることを抑制するための

パラメータである急変動抑止上限値ERUとを記憶した第2の記憶手段を有してなり、輻輳状態と判断された場合は、前記MACR、入力レートRate、輻輳時レート低下用減衰計数 $\beta$ 、急変動抑止下限値ERD、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\beta \times \text{MACR} + (1 - \beta) \times R0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1 - \text{ERD}) \times \text{MACR})$ により暫定送信可能レートERQを更新し、非輻輳状態と判断された場合は、前記更新されたMACRと、前記入力レートRateと、予め記憶している非輻輳時レート増加用減衰計数 $\gamma$ 、急変動抑止上限値ERU、および、目標入力レートR0を用いて、 $\min(\gamma \times \text{MACR} + (1 - \gamma) \times R0 / \text{Rate} \times \text{MACR}, (1 + \text{ERU}) \times \text{MACR})$ により暫定送信可能レートERQを更新することを特徴としている。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明にかかるATM通信ノードの一実施形態について説明する。

【第1実施形態】図1は本実施形態におけるATM通信ノードの構成を示すブロック図である。図1において、1は到着セル数測定部、2はRate計算部、3はRate管理部、4はf-RMセル検出部、5はMACR計算部、6はMACR管理部、7はセル蓄積部、8はバッファ内セル数管理部、9はセル転送部、10はERQ計算部、11はERQ管理部、12はb-RMセル検出部、13はレート書込部、14は重み管理テーブルである。

【0026】さらにMACR計算部5は、図2に示すように、MACR計算実行部51、状態検出しきい値記憶部52、平滑化パラメータ記憶部53からなる。また、ERQ計算部10は、図3に示すように、ERQ計算実行部101、目標入力レート記憶部102、平滑化パラメータ記憶部103からなる。

【0027】以下に各部の説明を行う。到着セル測定部1は、送信端末より送られてきたセル数をカウントし、Rate計算部2へ通知する。Rate計算部2は、到着セル数測定部1から通知されたセル数Countを、当該セル数Countの測定時間区間Tで除算し、図1に示したATM通信ノードへ送信されてきたセルの入力レートRateを計算する。Rate管理部3は、Rate計算部2での計算結果を管理し、ERQ計算部10へ通知する。

【0028】f-RMセル検出部4は、図示せぬ送信端末から送られてくるセルの中からf-RMセルを検出すると、f-RMセルに書かれているCCRを読み出し、MACR計算部5へ計算要請をする。また、重み管理テーブル14へそのf-RMセルが属するコネクションの重みwの読み出しを要請する。MACR計算部5は、f-RMセル検出部4からCCRを受け取ると、状態検出しきい値記憶部52、平滑化パラメータ記憶部53、ERQ管理部11、重み管理テーブル14およびRate管理部3の情報をを用いてMACRの計算を行う。なお、

この計算方法については後述する。

【0029】MACR計算実行部51は、f-RMセル検出部4から通知を受けると、Rate管理部3、ERQ管理部11の情報および状態検出しきい値記憶部52、平滑化パラメータ記憶部53、および、重み管理テーブル14で記憶されている情報を用いて、MACRの計算を行う（計算方法は後述する）。状態検出しきい値記憶部52は、予め定められた輻輳状態検出用入力レートしきい値R1、非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2を記憶し、MACR計算実行部51からの指示に従ってR1、R2をMACR計算実行部51に通知する。

【0030】ここで、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1は、リンクが輻輳状態であるか否かを判定するために用いる値であり、入力レートRateがこの値を超えるとネットワークが輻輳状態であると判定される。また、非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2は、リンクが非輻輳状態であるか否かを判定するために用いる値であり、入力レートRateがこの値を下回るとネットワークが非輻輳状態であると判定される。

【0031】平滑化パラメータ記憶部53は、予め定められた平滑化パラメータ $\alpha$ および $\epsilon$ を記憶し、MACR計算実行部51の指示に従って、 $\alpha$ および $\epsilon$ をMACR計算実行部51に通知する。ここで、平滑化パラメータ $\alpha$ （MACR更新用減衰計数）は、各コネクションからノードへ通知される現在の送信可能レートCCRを、どの程度反映させて各コネクションのCCRの平均値MACRを更新するかを決定する値である。また、平滑化パラメータ $\epsilon$ （送信可能レート変動吸収）は、MACRを更新する際に、各端末から通知されたCCRの値をMACRに足し込むか否かを判断するために用いる値であり、 $\text{CCR} > \epsilon \text{ERQ}$ ならば、そのCCR値はMACRに足し込まない。

【0032】MACR管理部6は、MACR計算部5での計算結果を管理し、ERQ計算部10へ通知する。セル蓄積部7は、図示せぬ送信端末より送られてきたセルが図1に示すATM通信ノードへ到着した際に、一時的にセルを蓄積する。

【0033】バッファ内セル数管理部8は、セル蓄積部7のセル蓄積数を監視し、予め定められたしきい値thresholdを超えていれば輻輳と判断してCongflagを“1”にし、そうでなければ非輻輳としてCongflagを“0”にして輻輳状態を管理する。セル転送部9は、一時的にセル蓄積部7に蓄積されたセルをリンク容量に従って転送する。

【0034】ERQ計算部10は、目標入力レート記憶部102、平滑化パラメータ記憶部103およびMACR管理部6、Rate管理部3、バッファ内セル数管理部8の情報をを用い暫定的に決定される送信可能レート（暫定送信可能レート）ERQを計算する（計算方法は後述する）。目標入力レート記憶部102は、予め定め

られた目標入力レートR0を記憶しERQ計算実行部101からの指示に従って、R0をERQ計算実行部101に送信する。この目標入力レートR0は、入力レートRateの目標値となるものであり、本実施形態におけるATM通信ノードは、入力レートRateが目標入力レートR0の値となるよう各コネクションの送信可能レートを制御する。

【0035】円滑化パラメータ記憶部103は、予め定められた円滑化パラメータ $\beta$ 、 $\gamma$ 、ERU、ERDを記憶し、ERQ計算実行部101の指示に従って、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、ERU、ERDをERQ計算実行部101に通知する。ここで、上記各円滑化パラメータの内容について、以下に説明する。

【0036】① $\beta$ （輻輳時レート低下用減衰計数）：暫定送信可能レートERQを計算する際、測定された入力レートRateをどの程度反映させるかを決定する値。前述したバッファ内セル数管理部8により、リンクが輻輳状態であると判定された時に使用される。

② $\gamma$ （非輻輳時レート増加用減衰計数）：暫定送信可能レートERQを計算する際、測定された入力レートRateをどの程度反映させるかを決定する値。前述したバッファ内セル数管理部8により、リンクが非輻輳状態であると判断された時に使用される。

【0037】③ERU（急変動抑止上限値）：リンクが非輻輳状態にある時に、暫定送信可能レートERQが過度に大きくなることを抑制するために用いる値。

④ERD（急変動抑止下限値）：リンクが輻輳状態にある時に、暫定送信可能レートERQが不十分に小さくならないことを抑制するために用いる値。

【0038】なお、これら各パラメータの値は、シミュレーション等によって適宜定められたものである。

【0039】次に、ERQ管理部11は、ERQ計算部10での計算結果を管理し、レート書込部13の指示に従って、その値を通知する。b-RMセル検出部12は、着信端末から送られてくるセルの中から、b-RMセルを検出するとレート書込部13へその旨を通知する。また、重み管理テーブル14へそのb-RMセルが属するコネクションの重みwの読み出しを要請する。レート書込部13は、ERQ管理部11により管理されているERQの値を参照して重み管理テーブル14から重みwを読み出し、 $w \times ERQ$ の値を計算し、その値と、既にb-RMセルのERフィールドに記されている値とを比較して、計算した $w \times ERQ$ の方が小さければb-RMセル内のERフィールドに、上記計算した $w \times ERQ$ の値を通知する送信可能レートとして書き込む処理を行う。また、計算した $w \times ERQ$ の値の方が大きい場合は、この書き込みは行わず、着信端末から送られてくるb-RMセルをそのまま送信端末へ転送する。

【0040】重み管理テーブル14は、各コネクションに対して予め定められた重みを記憶しており、f-RM

セル検出部4およびb-RMセル検出部12からの指示により、そのRMセルの属するコネクションの重みwを読み出す。

【0041】次に、MACR計算実行部51、および、ERQ計算部10でそれぞれ行われるMACR計算方法およびERQ計算方法を以下に示す。

【0042】[MACR計算方法] MACR計算実行部51は、次式によりMACRを算出する。

```

i f (Rate > R1)
10 MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × min (MACR, CCR/w)
e l s e
i f (CCR/w ≤ ε ERQ)
i f (Rate ≤ R2)
MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × max (MACR, CCR/w)
e l s e
MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × CCR/w
e l s e
20 MACR ← MACR-1

```

【0043】すなわち、f-RMセル検出部4により到着セル内にf-RMセルが検出されると、MACR計算実行部51は、以下の条件および算出式に基づいてMACRが算出する。

(i-1) 入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きい時： $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \min (MACR^{-1}, CCR/w)$

ここで、上式において $MACR^{-1}$ は前回算出したMACRを示し、 $\min (MACR^{-1}, CCR/w)$ は、 $MACR^{-1}$ と $CCR/w$ の内、いずれか値の小さい方を採用することを意味する（以下同様）。

【0044】(i-2) 入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1以下の場合：さらに以下の条件に応じてMACRの計算を行う。

【0045】(i-2-a)  $CCR/w$ が $\epsilon ERQ$ 以下であり、かつ、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2以下の時： $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \max (MACR^{-1}, CCR/w)$

ここで、 $\max (MACR^{-1}, CCR/w)$ は、 $MACR^{-1}$ と $CCR/w$ の内、いずれか値の大きい方を採用することを意味する（以下同様）。

【0046】(i-2-b)  $CCR/w$ が $\epsilon ERQ$ 以下であり、かつ、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きい時： $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times CCR/w$

(i-2-c)  $CCR/w$ が $\epsilon ERQ$ よりも大きい時： $MACR = MACR^{-1}$

【0047】[ERQ計算方法] ERQ計算部10は、予め定められた測定時間区間Tが経過する毎に、次式によりERQを算出する。

非輻轉時 (congflag = "0" の時)

$ERQ = \min(\gamma \times MACR + (1 - \gamma) \times R0 / Rate \times MACR, (1 + ERU) \times MACR)$

輻轉時 (congflag = "1" の時)

$ERQ = \min(\beta \times MACR + (1 - \beta) \times R0 / Rate \times MACR, (1 - ERD) \times MACR)$

【0048】次に、上述したATM通信ノードの動作について、図4ないし図6を参照して説明する。ここで、図4はMACR計算フローチャート、図5はERQ計算フローチャート、図6は計算されたERQをb-RMセルへ書き込む際の手順を示すフローチャートである。まず、図4のフローチャートの各ステップSA1~SA14に沿ってMACR計算フローについて説明する。

【0049】まず、図1に示すATM通信ノードはf-RMセル検出部4により、送信端末から送信されてきたセルの中にf-RMセルを検出すると、ステップSA1に進み、検出したf-RMセル内に書かれていたCCRを読み出し、MACR計算実行部51に通知する。そして、ステップSA2に進み、MACR計算実行部51は、上記f-RMセルが属するコネクションの重みを重み管理テーブル14から読み出す。

【0050】次にステップSA3に進み、MACR計算実行部51は、Rate管理部3から現在の入力レートRateを、また、状態検出しきい値記憶部52から輻轉状態検出用入力レートしきい値R1をそれぞれ読み出す。そして、ステップSA4で、読み出した入力レートRateと、輻轉状態検出用入力レートしきい値R1との大きさを比較し、入力レートRateの値が、輻轉状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きい場合は、ステップSA5へ進み、入力レートRateの値が輻轉状態検出用入力レートしきい値R1以下である場合は、ステップSA7へ進む。ここでは、入力レートRateの値が、輻轉状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きかったとして、すなわち、ネットワークが輻轉状態であったとしてステップSA5へ進むものとする。

【0051】ステップSA5において、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を、また、MACR管理部6からMACRを読み出す。次に、ステップSA6へ進み、MACR計算実行部51は、MACRを以下の式により更新する。 $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \min(MACR^{-1}, CCR/w)$

【0052】このように、送信端末から送信されてきたセルの中からf-RMセルが検出された時、すなわち、あるコネクションからCCRの通知があった時に、ネットワークが輻轉状態であると判断されると、当該CCR値を当該コネクションの重みwで除した値または現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値の内、いずれか小さい方の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMA

CRの値に足し込まれる。

【0053】一方、ステップSA4において、入力レートRateの値が輻轉状態検出用入力レートしきい値R1以下であった場合は、ステップSA7へ進み、MACR計算実行部51は、ERQ管理部11から現在のERQを読み出す。そして、ステップSA8へ進み、ステップSA1で読み出したCCRをステップSA2で読み出した重みwで除した値( $CCR/w$ )と、ステップSA7で読み出したERQに平滑化パラメータ $\epsilon$ を乗算した値( $\epsilon ERQ$ )とを比較する。

【0054】そして、 $CCR/w$ の値が $\epsilon ERQ$ の値の場合、ステップSA9へ進み、CCRの値が $\epsilon ERQ$ の値よりも大きかった場合はステップSA15へ進む。ここでは、 $CCR/w$ の値が $\epsilon ERQ$ の値以下であったものとしてステップSA9へ進むものとする。ステップSA9において、MACR計算実行部51は、Rate管理部3から入力レートRateの値を、また、状態検出しきい値記憶部52から非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2を読み出し、ステップSA10へ進む。

【0055】ステップSA10では、ステップSA9で読み出した入力レートRateの値と、非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2との大きさを比較する。そして、入力レートRateの値が非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2以下であった場合、すなわち、ネットワークが非輻轉状態であると判断された場合はステップSA11へ進み、非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きかった場合はステップSA13へ進む。ここでは、入力レートRateの値が非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2以下であったとしてステップSA11へ進むものとする。

【0056】ステップSA11において、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を、また、MACR管理部6からMACRを読み出す。次にステップSA12に進み、MACR計算実行部51は、MACRを以下の式により更新する。 $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \max(MACR^{-1}, CCR/w)$

【0057】すなわち、あるコネクションからCCRの通知があった時にネットワークが輻轉状態でなく、当該CCR値を当該コネクションの重みwで除した値が、平滑化パラメータ $\epsilon$ にERQを乗じた値以下であり、かつ、ネットワークが非輻轉状態であると判断された場合は、当該CCR値を当該コネクションの重みwで除した値または現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値の内、いずれか大きい方の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値に足し込まれる。

【0058】一方、ステップSA10において、入力レートRateの値が非輻轉状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きいと判断された場合（非輻轉状態でないと

判断された場合)は、ステップSA13へ進み、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を読み出し、また、MACR管理部6からMACRを読み出した後、ステップSA14へ進み、以下の式によりMACRを更新する。

$$MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times CCR / w$$

【0059】このように、あるコネクションからCCRの通知があった時にネットワークが輻輳状態でなく、当該CCR値を当該コネクションの重み $w$ で除した値が、平滑化パラメータ $\epsilon$ にERQを乗じた値以下であり、かつ、ネットワークが非輻輳状態ではないと判断された場合は、当該CCR値を当該コネクションの重み $w$ で除した値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値に足し込まれる。

【0060】以上の手順に従って算出された各MACRは、MACR管理部11にて管理され、MACR計算実行部51は、次にf-RMセル検出部4においてf-RMセルが検出されるまで待機状態となる。なお、ステップSA8において、CCR/ $w$ の値が $\epsilon$ ERQの値よりも大きいと判断された場合、MACR計算実行部51は、ステップSA15へ進み、MACRを変更せず、現在のMACRの値を維持する(MACR=MACR<sup>-1</sup>)。

【0061】次に、図5のフローチャートの各ステップSB1～SB7に沿って、ERQ計算フローについて説明する。まず、測定時間区間Tが経過すると、ステップSB1へ進み、ERQ計算実行部101は、バッファ内セル数管理部8からCongflagの値を読み、輻輳状態であるか否かの判定を行う。そして、Congflagの値が“1”であれば、輻輳状態であるとして、ステップSB2へ進み、Congflagの値が“0”であれば、非輻輳状態であるとしてステップSB5へ進む。ここでは、輻輳状態であったとしてステップSB2へ進むものとする。

【0062】ステップSB2へ進むと、ERQ計算実行部101は、目標入力レート記憶部102から目標入力レートR0を、また、円滑化パラメータ記憶部103から円滑化パラメータ $\beta$ およびERDを読み出す。次にステップSB3へ進み、ERQ計算実行部101は、Rate管理部3から入力レートRateの値を読み出し、ステップSB4においてERQを以下の式により更新する。

$ERQ = \min(\beta \times MACR + (1 - \beta) \times R0 / Rate \times MACR, (1 - ERD) \times MACR)$

そして、その後ERQ計算実行部101は、測定時間区間Tが経過するまで待機状態となる。

【0063】一方、ステップSB1において、非輻輳状態である(congflag=“0”)と判定されると、ステップSB5へ進む。ステップSB5において、ERQ計算実行部101は、目標入力レート記憶部102から目標入力レートR0を、また、円滑化パラメータ記憶部10

3から円滑化パラメータ $\gamma$ およびERUを読み出す。そして、ステップSB6へ進み、ERQ計算実行部101は、Rate管理部3から入力レートRateの値を読み出す。次に、ステップSB7へ進み、ERQ計算実行部101は、ERQを以下の式により更新する。

$$ERQ = \min(\gamma \times MACR + (1 - \gamma) \times R0 / Rate \times MACR, (1 + ERU) \times MACR)$$

そして、その後ERQ計算実行部101は、測定時間区間Tが経過するまで待機状態となる。

【0064】このように、図5のフローチャートに従ってERQを算出することにより、送信可能レートが適宜調整されると共に、その急激な変動を抑止することができる。また、以上の手順により算出されたERQは、ERQ管理部11にて管理され、着信端末からb-RMセルが送信されてきた時に適宜処理が施された後、送信可能レートとしてERフィールドに書き込まれて送信端末へ転送される(詳しくは次に述べる)。

【0065】次に、図6のフローチャートの各ステップSC1～SC3に沿ってERQ書き込みフローについて説明する。まず、b-RMセル検出部12が、着信端末から送られてくるセルの中からb-RMセルを検出すると、ステップSC1において、レート書込部13は、検出されたb-RMセルが属するコネクションの重み $w$ を重み管理テーブル14から読み出す。そして、ステップSC2へ進み、レート書込部13は、ERQ管理部11からERQの値を読み出す。

【0066】次にステップSC3へ進み、レート書込部13は、読み出した $w$ の値と、ERQの値とを用いて、 $w \times ERQ$ を算出し、算出した $w \times ERQ$ の値と、b-RMセルのERフィールドに既に書かれていた $w \times ERQ$ の値とを比較し、計算した $w \times ERQ$ の値の方が小さければ、当該計算した $w \times ERQ$ の値を通知する送信可能レートとしてそのERフィールドに書き込んで、送信端末へ転送する。また、当該計算した $w \times ERQ$ の値の方が大きかった場合は、上記書き込みを行わず、着信端末から送られてきたb-RMセルをそのまま送信端末へ転送する。

【0067】[第2実施形態] 第2実施形態のATM通信ノードは、上述した[第1実施形態]のようにATM通信ノード内で重み管理テーブルを有する代わりに、送信端末、あるいは送信端末と本実施形態のATM通信ノード間に設置した仮想送信端末において、そのコネクションの重み $w$ をRMセル内に書き込むようにする。よって、本実施形態では、[第1実施形態]のATM通信ノード内において、重み管理テーブル14から重み $w$ を読み出す処理の代わりに、RMセル受信時にRMセル内から重み $w$ を読み出す処理を行うことになる。それ以外の処理は[第1実施形態]と同様である。

【0068】[第3実施形態] 次に、第3実施形態におけるATM通信ノードについて説明する。本実施形態に



におけるATM通信ノードのブロック構成は、図1および図2に示したATM通信ノードと同一の構成であるが、一部のブロックにおける処理内容が異なっている。以下に、第1実施形態のATM通信ノードのブロックと異なる処理を行うブロック、および、その処理内容について、図1および図2を参照して説明する。

【0069】①f-RMセル検出部4：第1実施形態では、送信端末から送られてきたf-RMセルからCCRのみを読み出し、MACR計算部5へ計算要請をし、また、重み管理テーブル14へ、そのf-RMセルが属するコネクションの重みwの読み出しを要請していたが、本実施形態では、送信端末から送られてくるセルの中から、f-RMセルを検出すると、f-RMセルに書かれたCCRおよびMCRを読み出し、MACR計算部5へ計算要請をする。なお、重み管理テーブル14へそのf-RMセルが属するコネクションの重みwの読み出しを要請する点は、第1実施形態と同様である。

【0070】②MACR計算実行部51：第1実施形態では、f-RMセル検出部4から供給されるCCRと、Rate管理部3に記憶された入力レートRateと、状態検出しきい値記憶部52に記憶されている輻輳状態検出用入力レートしきい値R1および非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2と、平滑化パラメータ記憶部53に記憶されている平滑化パラメータ $\alpha$ と、重み管理テーブル14に記憶されている重みwとを用いて各種の判断を行い、その判断結果に応じた算出式を用いてMACRを求めていた。これに対し、第3実施形態におけるMACR計算実行部51では、上述した各種パラメータに加え、f-RMセル検出部4から供給されるMCRを用いて、各種の判断およびMACRの算出を行う。なお、第3実施形態におけるMACRの算出方法については、後で詳しく説明する。

【0071】③b-RMセル検出部12：第1実施形態では、着信端末から送られてくるセルの中から、b-RMセルを検出すると、レート書込部13へその旨を通知していたが、第3実施形態では、着信端末から送られてくるセルの中から、b-RMセルを検出するとb-RMセル内からMCRを読み出し、レート書込部13へ通知する。なお、重み管理テーブル14へ、検出したb-RMセルが属するコネクションの重みwの読み出しを要請する点は、第1実施形態と同様である。

【0072】④レート書込部13：第1実施形態では、ERQ管理部11により管理されているERQの値を参照して重み管理テーブル14から重みwを読み出し、 $w \times ERQ$ の値を計算し、その値と、既にb-RMセルのERフィールドに記されている値とを比較して、計算した $w \times ERQ$ の方が小さければb-RMセル内のERフィールドに上記計算した $w \times ERQ$ の値を通知する送信可能レートとして書き込む処理を行っていた。また、第1実施形態では、計算した $w \times ERQ$ の値の方が大きい

場合は、この書き込みは行わず、着信端末から送られてくるb-RMセルをそのまま送信端末へ転送していた。

【0073】これに対して第3実施形態では、b-RMセル検出部12からMCRを受け取り、ERQ管理部11より管理されているERQの値を参照して重み管理テーブル14から重みwを読み出し、 $MCR + w \times ERQ$ の値を計算し、その値と、既にb-RMセルのERフィールドに記されている値とを比較して、上記計算した $MCR + w \times ERQ$ の方が小さければb-RMセルのERフィールドに上記計算した $MCR + w \times ERQ$ の値を通知する送信可能レートとして書き込む処理を行う。また、計算した $MCR + w \times ERQ$ の値の方が大きい場合は、この書き込みは行わず、着信端末から送られてくるb-RMセルをそのまま送信端末へ転送する。

【0074】次に、第3実施形態のMACR計算実行部51におけるMACRの計算方法について説明する。

【0075】[MACR計算方法]第3実施形態のMACR計算実行部51では、次式によりMACRを算出する。

```

10  if (Rate > R1)
    MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × min(MACR, (CCR - MCR) / w)
    else
    if ((CCR - MCR) / w ≤ ε ERQ)
    if (Rate ≤ R2)
    MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × max(MACR, (CCR - MCR) / w)
    else
    MACR ← (1 - α) × MACR-1 + α × (CCR - MCR) / w
30  else
    MACR ← MACR-1

```

【0076】すなわち、f-RMセル検出部4により到着セル内にf-RMセルが検出されると、MACR計算実行部51は、以下の条件および算出式に基づいてMACRが算出する。

(i-1) 入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きい時： $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \min(MACR, (CCR - MCR) / w)$

40 【0077】(i-2) 入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1以下の場合：さらに以下の条件に応じてMACRの計算を行う。

【0078】(i-2-a)  $(CCR - MCR) / w$ が $\epsilon ERQ$ 以下であり、かつ、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2以下の時： $MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times \max(MACR, (CCR - MCR) / w)$

50 (i-2-b)  $(CCR - MCR) / w$ が $\epsilon ERQ$ 以下であり、かつ、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きい時： $MACR = (1 -$

$\alpha) \times \text{MACR}^{-1} + \alpha \times (\text{CCR} - \text{MCR}) / w$

(i-2-c)  $(\text{CCR} - \text{MCR}) / w$  が  $\epsilon \text{ERQ}$  よりも大きい時:  $\text{MACR} = \text{MACR}^{-1}$

【0079】次に、第3実施形態におけるATM通信ノードの動作について、図7および図8を参照して説明する。ここで、図7はMACR計算フローチャート、図8は計算されたERQに基づいて通知する送信可能レートをb-RMセルへ書き込む際の手順を示すフローチャートである。なお、第3実施形態におけるATM通信ノードも、第1実施形態と同様、ERQの計算も行うが、ERQの計算フローは、第1実施形態で説明した図5のフローチャートと同一であるため、その説明を省略する。

【0080】まず、図7のフローチャートの各ステップSA1~SA14に沿ってMACR計算フローについて説明する。なお、この図において、図4に示したフローチャートと同じ処理を行うステップについては同一の符号を付し、異なる処理を行うステップについては、ステップを表す符号にダッシュ( ' ) を付している。

【0081】まず、図1に示すATM通信ノードはf-RMセル検出部4により、送信端末から送信されてきたセルの中にf-RMセルを検出すると、ステップSA1'に進み、検出したf-RMセル内に書かれていたCCRおよびMCRを読み出し、MACR計算実行部51に通知する。そして、ステップSA2に進み、MACR計算実行部51は、上記f-RMセルが属するコネクションの重みwを重み管理テーブル14から読み出す。

【0082】次にステップSA3に進み、MACR計算実行部51は、Rate管理部3から現在の入力レートRateを、また、状態検出しきい値記憶部52から輻輳状態検出用入力レートしきい値R1をそれぞれ読み出す。そして、ステップSA4で、読み出した入力レートRateと、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1との大きさを比較し、入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きい場合は、ステップSA5へ進み、入力レートRateの値が輻輳状態検出用入力レートしきい値R1以下である場合は、ステップSA7へ進む。ここでは、入力レートRateの値が、輻輳状態検出用入力レートしきい値R1よりも大きかったとして、すなわち、ネットワークが輻輳状態であったとしてステップSA5へ進むものとする。

【0083】ステップSA5において、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を、また、MACR管理部6からMACRを読み出す。次に、ステップSA6へ進み、MACR計算実行部51は、MACRを以下の式により更新する。  

$$\text{MACR} = (1 - \alpha) \times \text{MACR}^{-1} + \alpha \times \min(\text{MACR}, (\text{CCR} - \text{MCR}) / w)$$

【0084】このように、送信端末から送信されてきたセルの中からf-RMセルが検出された時、すなわち、あるコネクションからCCRの通知があった時に、ネッ

トワークが輻輳状態であると判断されると、当該CCRからMCRを減算した値を当該コネクションの重みwで除した値、または、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値の内、いずれか小さい方の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値に足しまれる。

【0085】一方、ステップSA4において、入力レートRateの値が輻輳状態検出用入力レートしきい値R1以下であった場合は、ステップSA7へ進み、MACR計算実行部51は、ERQ管理部11から現在のERQを読み出す。そして、ステップSA8'へ進み、ステップSA1で読み出したCCRからMCRを減算した値を、ステップSA2で読み出した重みwで除した値  $((\text{CCR} - \text{MCR}) / w)$  と、ステップSA7で読み出したERQに平滑化パラメータ $\epsilon$ を乗算した値  $(\epsilon \text{ERQ})$  とを比較する。

【0086】そして、 $(\text{CCR} - \text{MCR}) / w$  の値が  $\epsilon \text{ERQ}$  の値場合、ステップSA9へ進み、CCRの値が  $\epsilon \text{ERQ}$  の値よりも大きかった場合はステップSA15へ進む。ここでは、 $(\text{CCR} - \text{MCR}) / w$  の値が  $\epsilon \text{ERQ}$  の値以下であったものとしてステップSA9へ進むものとする。ステップSA9において、MACR計算実行部51は、Rate管理部3から入力レートRateの値を、また、状態検出しきい値記憶部52から非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2を読み出し、ステップSA10へ進む。

【0087】ステップSA10では、ステップSA9で読み出した入力レートRateの値と、非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2との大きさを比較する。そして、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2以下であった場合、すなわち、ネットワークが非輻輳状態であると判断された場合はステップSA11へ進み、非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きかった場合はステップSA13へ進む。ここでは、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2以下であったとしてステップSA11へ進むものとする。

【0088】ステップSA11において、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を、また、MACR管理部6からMACRを読み出す。次にステップSA12'に進み、MACR計算実行部51は、MACRを以下の式により更新する。

$$\text{MACR} = (1 - \alpha) \times \text{MACR}^{-1} + \alpha \times \max(\text{MACR}, (\text{CCR} - \text{MCR}) / w)$$

【0089】すなわち、あるコネクションからCCRの通知があった時にネットワークが輻輳状態でなく、また、 $(\text{CCR} - \text{MCR}) / w$  の値が、平滑化パラメータ $\epsilon$ にERQを乗じた値以下であり、かつ、ネットワークが非輻輳状態であると判断された場合は、当該CCRからMCRを減算した値を当該コネクションの重みwで除した値、

または、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値の内、いずれか大きい方の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値に足しまれる。

【0090】一方、ステップSA10において、入力レートRateの値が非輻輳状態検出用入力レートしきい値R2よりも大きいと判断された場合（非輻輳状態でないと判断された場合）は、ステップSA13へ進み、MACR計算実行部51は、平滑化パラメータ記憶部53から平滑化パラメータ $\alpha$ を読み出し、また、MACR管理部6からMACRを読み出した後、ステップSA14'へ進み、以下の式によりMACRを更新する。

$$MACR = (1 - \alpha) \times MACR^{-1} + \alpha \times (CCR - MCR) / w$$

【0091】このように、あるコネクションからCCRの通知があった時にネットワークが輻輳状態でなく、また、 $(CCR - MCR) / w$ の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ にERQを乗じた値以下であり、かつ、ネットワークが非輻輳状態ではないと判断された場合は、 $(CCR - MCR) / w$ の値が、平滑化パラメータ $\alpha$ によって円滑化された後、現在ATM通信ノードで管理しているMACRの値に足しまれる。

【0092】以上の手順に従って算出された各MACRは、MACR管理部11にて管理され、MACR計算実行部51は、次にf-RMセル検出部4においてf-RMセルが検出されるまで待機状態となる。なお、ステップSA8において、 $CCR / w$ の値が $\epsilon$ ERQの値よりも大きいと判断された場合、MACR計算実行部51は、ステップSA15へ進み、MACRを変更せず、現在のMACRの値を維持する（ $MACR = MACR^{-1}$ ）。

【0093】次に、図8のフローチャートの各ステップSD1～SD4に沿ってERQ書き込みフローについて説明する。まず、本実施形態のATM通信ノードに着信端末から送られたb-RMセルが到着すると、ステップSD1に進み、b-RMセル検出部12は、到着したb-RMセルの中からMCRを読み出す。そして、ステップSD2へ進み、レート書込部13は、到着したb-RMセルが属するコネクションの重みwを、重み管理テーブル14から読み出す。そして、ステップSD3へ進み、レート書込部13は、ERQ管理部11からERQの値を読み出す。

【0094】次にステップSD4へ進み、レート書込部13は、b-RMセル検出部12によって読み出されたMCRの値に、wの値とERQの値を乗算した値を加算した値（ $MCR + w \times ERQ$ ）と、到着したb-RMセルに既に書かれていた値とを比較し、計算した $MCR + w \times ERQ$ の値の方が小さければ、当該計算した $MCR + w \times ERQ$ の値を、通知する送信可能レートとしてそのERフィールドに書き込んで、送信端末へ転送する。

また、当該計算した $MCR + w \times ERQ$ の値の方が大きかった場合は、上記書き込みを行わず、着信端末から送られてきたb-RMセルをそのまま送信端末へ転送する。

【0095】【第4実施形態】第4実施形態のATM通信ノードは、上述した第3実施形態のように、ATM通信ノード内で重み管理テーブル14を有する代わりに、送信端末、あるいは送信端末と本実施形態のATM通信ノードとの間に設置した仮想送信端末において、そのコネクションの重みwをRMセル内に書き込むようにする。よって、実施形態では、【第3実施形態】のATM通信ノード内において、重み管理テーブル14から重みwを読み出す処理の代わりに、RMセル受信時にRMセル内から重みwを読み出す処理を行うことになる。それ以外の処理は、【第3実施形態】と同様である。

【0096】【第5実施形態】第5実施形態のATM通信ノードは、【第1実施形態】～【第4実施形態】のように重みwをコネクション毎に予め設定する代わりに、ATM通信ノードがRMセルを受信した時に、当該RMセル内からMCRを読み出し、 $\max(MCR, \delta) / MCR^*$ をそのコネクションの重みwとする。ここで、 $MCR^*$ はノードで予め記憶しておくMCRの基準値であり、 $\delta$ は $MCR = 0$ の時に重みが0となることを防ぐために、予め設定されているパラメータ（ただし $\delta > 0$ ）である。したがって、ATM通信ノード内に重み管理テーブルが不要となり、また、RMセル内に重みを書き込む処理も不要となる。それ以外の処理は、【第1実施形態】～【第4実施形態】と同様である。

【0097】次に、シミュレーションにより前述した第1実施形態および第3実施形態で説明した各ATM通信ノードにおける送信可能レート決定方法の効果について説明する。なお、比較対象として、従来法のようにMACRの計算を単に $MACR \leftarrow (1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR$ （ $\alpha = 1/16$ ）とし、計算されたERQを重みで各コネクションに配分する単純な方法（以下、重み配分法と記す）も併せてシミュレーションする。具体的なアルゴリズムは以下の通りである。

【0098】【重み配分法】

MACR更新方法： $MACR \leftarrow (1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR$

ERQ計算方法： $0.75 \times MACR < ER < 1.25 \times MACR$

の範囲で入力レートRateと目標入力レート（リンク容量の95%）の比に応じた量だけ上げ下げする。また、輻輳時には、 $ERQ = 0.75 \times MACR$ とする。

ERQ書き込み：b-RMセル到着時に、重みwを読み出し、 $w \times ERQ$ としてから、RMセルに書き込む。

【0099】また、評価を行うために用いたシミュレーションのモデルを図9に示す。図9において、送信端末および受信端末のソースグループ（SG）は、それぞ

れ、SG1から5まであり、1ソースグループにつき、5つのコネクションを有している（したがって、送信端末および受信端末の総コネクション数は、それぞれ25となる）。また、上記各5つのソースグループは、2ノード（同図中、ノード1、ノード2）を介して150

[Mbps] のリンクを共有する。また、ソースグループ  $i$  ( $i=1\sim 5$ ) の  $PCR_i$ 、 $MCR_i$  の組み合わせを変えることにより、様々なトラフィック条件を模擬する。さらに、各コネクションは、初期レート=6 [Mbps] で、時刻0 [sec] に同時にアクティブ状態になり、常に送

るべきセルが送信端末側に存在するものとする。

【0100】なお、本シミュレーションで用いた各種パラメータの値は以下の通りである。

・目標入力レート  $R_0 = 0.95 \times 150$  [Mbps] ;

・輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_1 = 0.98 \times 150$  [Mbps] ;

・非輻輳状態検出用入力レートしきい値  $R_2 = 0.98 \times 150$  [Mbps] ;

・送信可能レート変動吸収  $\epsilon$  (第1実施形態) = 1 ;

・送信可能レート変動吸収  $\epsilon$  (第3実施形態) = 100000 ;

・MACR更新用減衰計数  $\alpha = 1/16$  ;

・輻輳時レート低下用減衰計数  $\beta = 0.25$  ;

・非輻輳時レート増加用減衰計数  $\gamma = 0.75$  ;

・急変動抑止上限値  $ER_U = 1$  ;

・急変動抑止下限値  $ER_D = 1/16$  ;

・測定周期  $T = 100 \times (53 \times 8 / 150)$  [ $\mu$ sec] ;

・輻輳検出しきい値 (threshold) = 256 [cell]

(バッファサイズは4096 [cell])

【0101】また、シミュレーション条件は、 $PCR/MCR = 150$  [Mbps] / 3 [Mbps] のクラス1、 $PCR/MCR = 50$  [Mbps] / 1 [Mbps] のクラス2の、2クラスが混在することとした。すなわち、クラス1はクラス2の3倍の優先度を持つ。

【0102】さらに、本実施形態のATM通信ノードを評価するに当たり、以下に記す2通りのシミュレーションを行った。

【0103】[シミュレーション1] クラス2のアクティブコネクション数が、仮定したアクティブコネクション数より多い場合：アクティブコネクション数（総数は25）の組み合わせが、①クラス1が15、クラス2が10の場合と、②クラス1が5、クラス2が20の場合の2通りを模擬する。また、①の場合は、

$PCR1/MCR1 = PCR2/MCR2 = PCR3/MCR3 = 150$  [Mbps] / 3 [Mbps]

$PCR4/MCR4 = PCR5/MCR5 = 50$  [Mbps] / 1 [Mbps]

とし、②の場合は、

$PCR1/MCR1 = 150$  [Mbps] / 3 [Mbps]

$PCR2/MCR2 = PCR3/MCR3 = PCR4/MCR4 = PCR5/MCR5 = 50$

[Mbps] / 1 [Mbps]

と設定した。

【0104】さらに、重み配分法の重みは、アクティブコネクション数の割合を、クラス1が15、クラス2が10と仮定して、以下を満たすように設定する。

$\{(w_{high} \times ER_Q) \times 15 + (w_{low} \times ER_Q) \times 10\} / 25 = ER_Q$

(ただし、 $w_{high} : w_{low} = 3 : 1$ )

この時のクラス1の重みは、 $w_{high} = 75/55$ 、クラス2の重みは、 $w_{low} = 25/55$ となる。

【0105】[シミュレーション2] クラス1のアクティブコネクション数が、仮定したアクティブコネクション数より多い場合：アクティブコネクション数の組み合わせが、①クラス1が10、クラス2が15の場合と、②クラス1が20、クラス2が5の場合の2通りを模擬する。

【0106】なお、重み配分法の重みは、アクティブコネクション数の割合を、クラス1が10、クラス2が15と仮定して、以下を満たすように設定する。

$\{(w_{high} \times ER_Q) \times 10 + (w_{low} \times ER_Q) \times 15\} / 25 = ER_Q$  (ただし、 $w_{high} : w_{low} = 3 : 1$ )

この時のクラス1の重みは  $w_{high} = 75/45$ 、クラス2の重みは  $w_{low} = 25/45$ となる。

【0107】なお、[第1実施形態] および [第3実施形態] における重みは、アクティブコネクション数の組み合わせに依らず設定でき、[シミュレーション1]、[シミュレーション2]とも、 $w_{high} = 1$ 、 $w_{low} = 1/3$ に設定した。以下に、これらの諸条件に基づいて、シミュレーションを実施した結果を記す。

【0108】[シミュレーション1] 図10に、シミュレーション1において、アクティブコネクション数の組み合わせを変えた時の各方式の送信レートを示す。この図において、(a)はクラス1のアクティブコネクション数が15、クラス2のアクティブコネクション数が10の時の送信レートを示し、(b)はクラス1のアクティブコネクション数が5、クラス2のアクティブコネクション数が20の時の送信レートを示す。また、同図中に、併せて目標送信レートも示す。目標送信レートは以下のように求められる。

【0109】・クラス1の目標送信レート  
 $= 3 \times R_0 / \{( \text{クラス1のコネクション数} ) \times 3 + ( \text{クラス2のコネクション数} ) \times 1\}$

・クラス2の目標送信レート  
 $= 1 \times R_0 / \{( \text{クラス1のコネクション数} ) \times 3 + ( \text{クラス2のコネクション数} ) \times 1\}$

【0110】また、図11に、アクティブコネクション数が、クラス1→5、クラス2→20の時の入力レートの過渡的振る舞いを、また、図12に、クラス1→5、クラス2→20の時のクラス1の送信レートの過渡的振

る舞いを示す。これらの図からわかるように、[第1実施形態]および[第3実施形態]のATM通信ノードでは、いずれの条件下でも目標送信レートへと送信レートを収束できるが、[重み配分法]（従来方法）では、アクティブコネクション数の組み合わせが仮定したそれより異なり、クラス2のコネクション数が多い場合には、送信レートが目標送信レートより低くなる（図10参照）。その結果、リンクを有効に使い切れていない（図11参照）。

【0111】[シミュレーション2]図13に、シミュレーション2における、アクティブコネクション数の組み合わせを変えた時の各方式の送信レートおよび目標送信レートを示す。この図において、(a)はクラス1のアクティブコネクション数が10、クラス2のアクティブコネクション数が15の時の送信レートを示し、

(b)はクラス1のアクティブコネクション数が20、クラス2のアクティブコネクション数が5の時の送信レートを示す。また、図14に、アクティブコネクション数がクラス1→20、クラス2→5の時のノードのバッファ内Q長の過渡的振る舞いを、図15に、クラス1の送信レートの過渡的振る舞いを示す。

【0112】これらの図からわかるように、[第1実施形態]および[第3実施形態]のATM通信ノードでは、いずれの条件下でも目標送信レートへと送信レートを収束できるが[重み配分法]（従来方法）では、アクティブコネクション数の組み合わせが仮定したそれより異なり、クラス1のコネクション数が多い場合、送信レートが目標送信レートより高くなってしまふ（図13参照）。その結果、輻輳を回避できず、セル損が生じてしまふ（図14参照）。

#### 【0113】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、コネクション毎に状態管理することなく、各コネクションからノードへ通知される現在のセル送出レートCCRを、各コネクションに対する重みにより正規化してからその平均値MACRを求め、その値のまわりでノードへ加わる負荷の状況に応じて送信可能レートERQを計算し、それを各コネクションへ重み付けして配分するので、PCRやMCR等の様々な交渉パラメータからのコネクションが混在する場合においても、MACRの収束幅を調整してMACR値の急変動を抑止することができ、ネットワーク帯域を効率よく使用することができるばかりでなく、ユーザが要求する様々な交渉パラメータ（PCR、MCR）のコネクションの混在時にもユーザ間に公平に帯域を重み付けして割り当てることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態におけるATM通信ノードの一構成例を示すブロック図である。

【図2】 同ATM通信ノード内のMACR計算部の構

成例を示すブロック図である。

【図3】 同ATM通信ノード内のERQ計算部の構成例を示すブロック図である。

【図4】 同ATM通信ノード内におけるMACR計算処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】 同ATM通信ノード内におけるERQ計算処理の手順を示すフローチャートである。

【図6】 同ATM通信ノード内におけるERQ書き込み手順を示すフローチャートである。

【図7】 本発明の第3実施形態におけるATM通信ノード内におけるMACR計算処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】 同ATM通信ノード内におけるERQ書き込み手順を示すフローチャートである。

【図9】 本発明の第1、第3実施形態におけるATM通信ノードの動作をシミュレーションした際に用いたモデルの構成を説明するための説明図である。

【図10】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、アクティブコネクション数の組み合わせを変えた時の送信レートを示す図である。

【図11】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、入力レートの過渡的な振る舞いを示す図である。

【図12】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、送信レートの過渡的な振る舞いを示す図である。

【図13】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、アクティブコネクション数の組み合わせを変えた時の送信レートを示す図である。

【図14】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、バッファ内Q長の過渡的な振る舞いを示す図である。

【図15】 シミュレーションによって得られた、従来の送信レート決定通知方法と、本発明に係る送信レート決定通知方法とにおける、送信レートの過渡的な振る舞いを示す図である。

#### 【符号の説明】

|   |             |
|---|-------------|
| 1 | 到着セル数測定部    |
| 2 | Rate計算部     |
| 3 | Rate管理部     |
| 4 | f-IRMセル検出部  |
| 5 | MACR計算部     |
| 6 | MACR管理部     |
| 7 | セル蓄積部       |
| 8 | バッファ内セル数管理部 |

35

9 セル転送部

10 ERQ計算部

11 ERQ管理部

12 b-RMセル検出部

13 レート書込部

14 重み管理テーブル

36

51 MACR計算実行部

52 状態検出しきい値記憶部

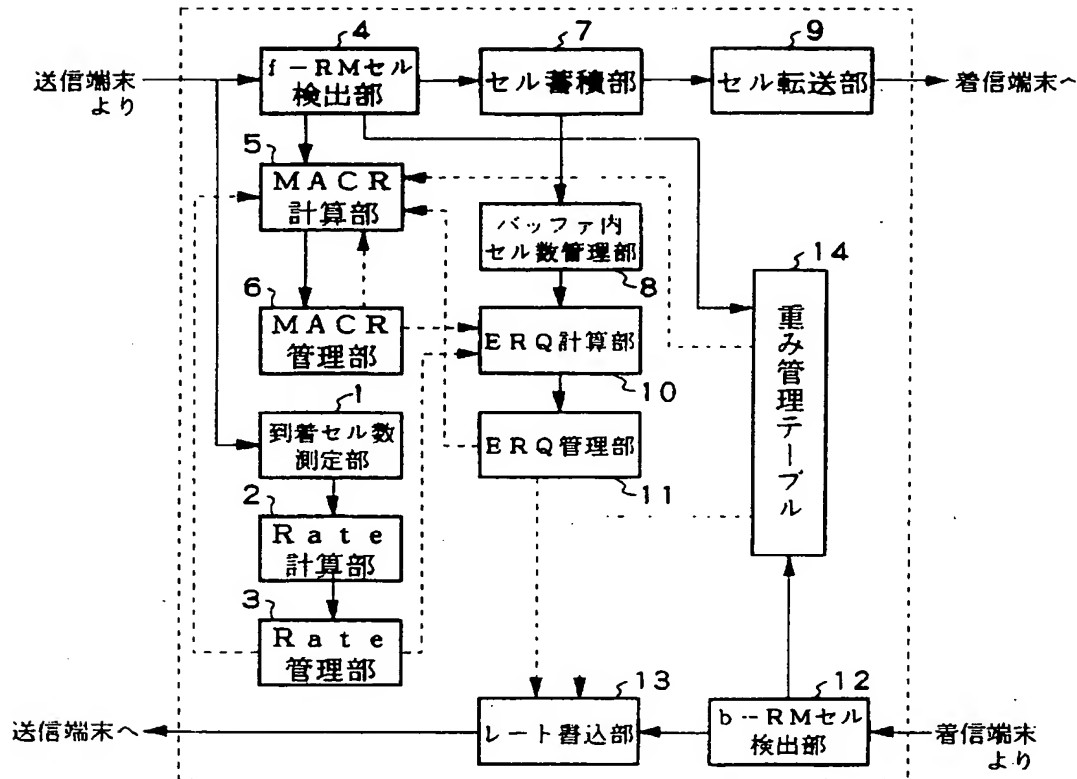
53 平滑化パラメータ記憶部

101 ERQ計算実行部

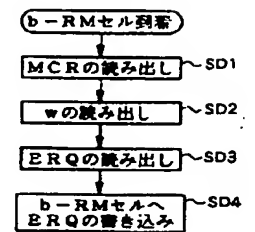
102 目標入力レート記憶部

103 円滑化パラメータ記憶部

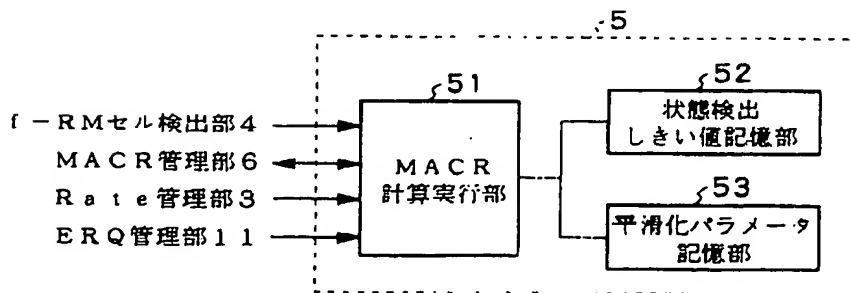
【図1】



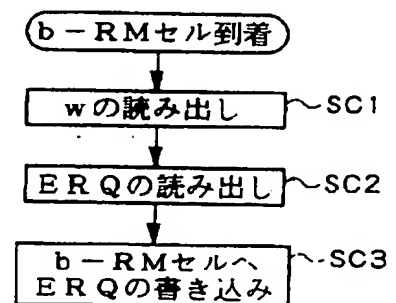
【図8】



【図2】

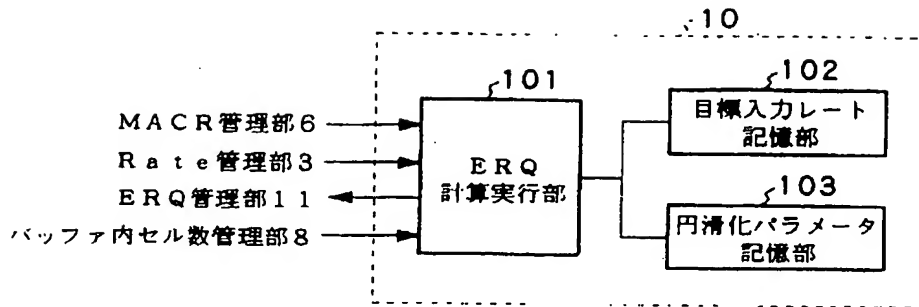


【図6】

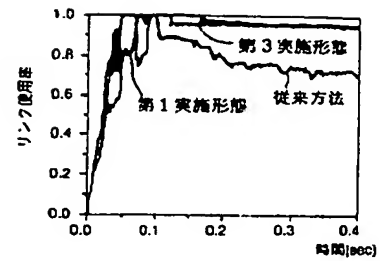




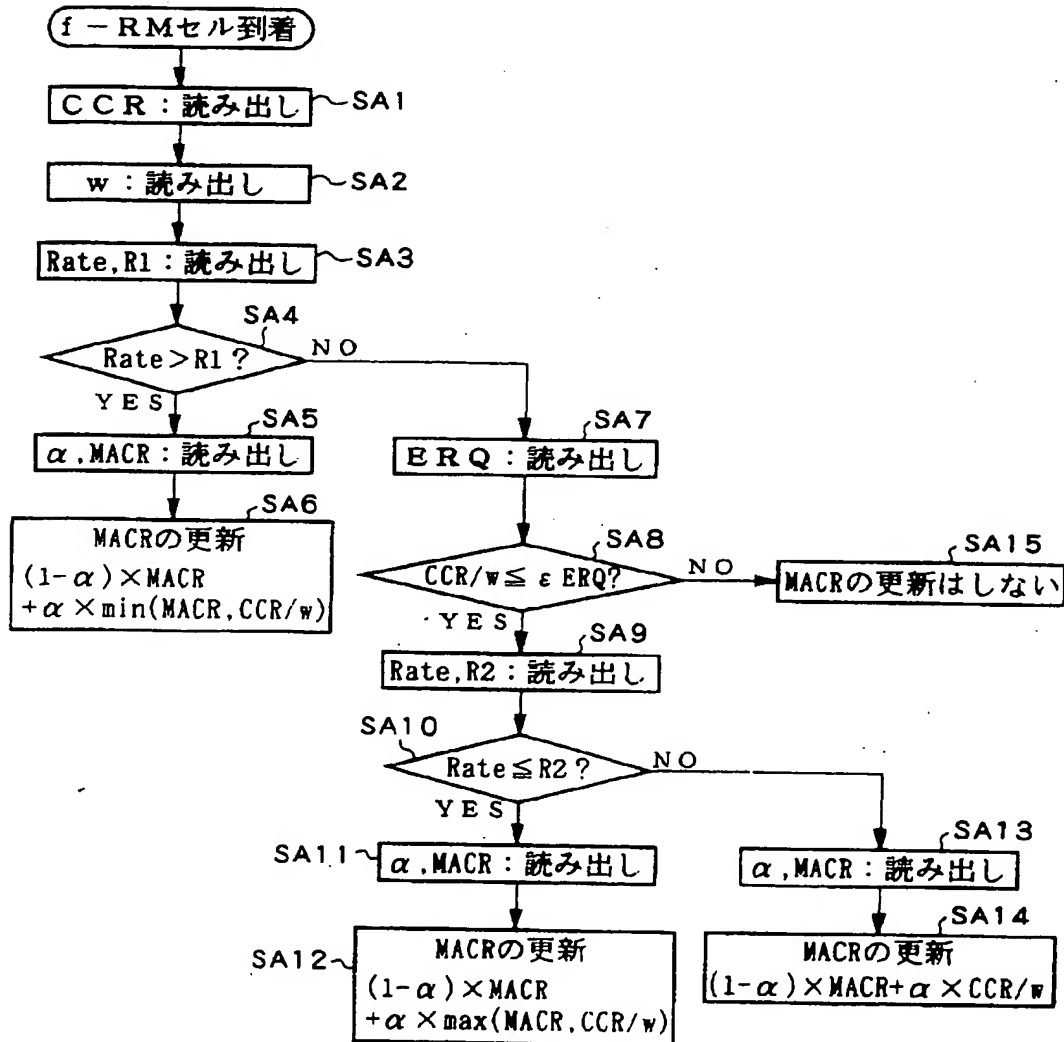
【図3】



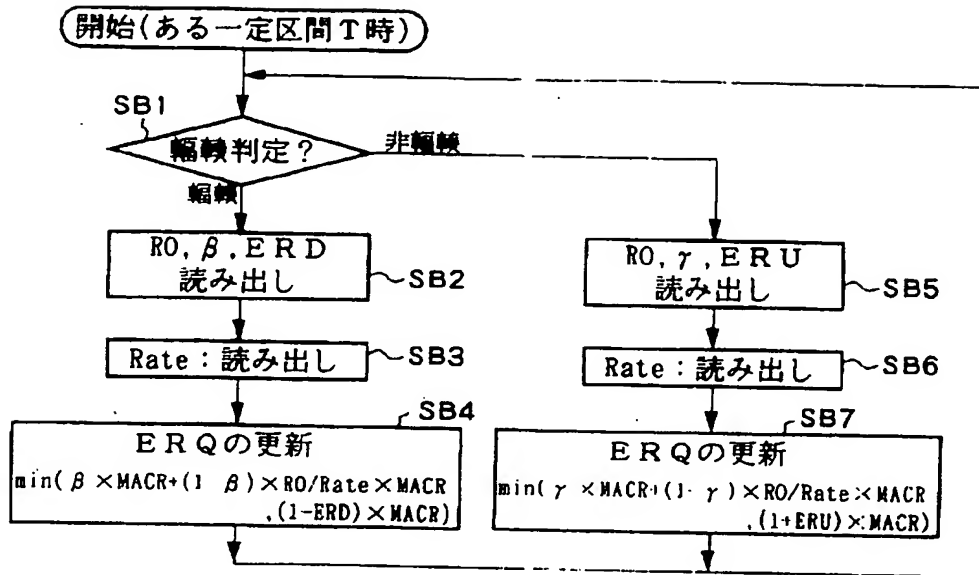
【図11】



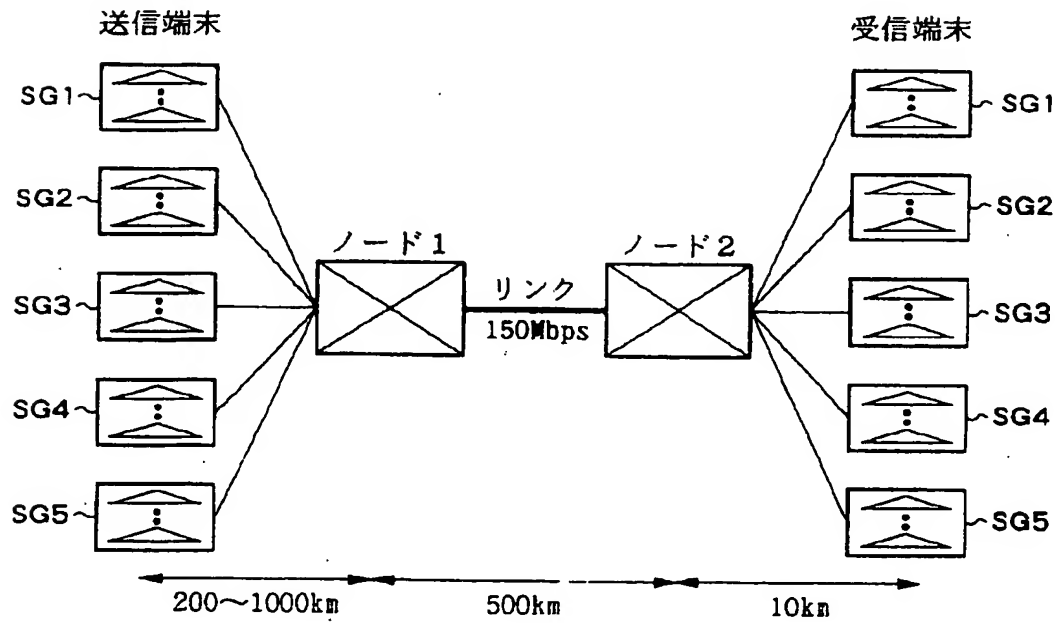
【図4】



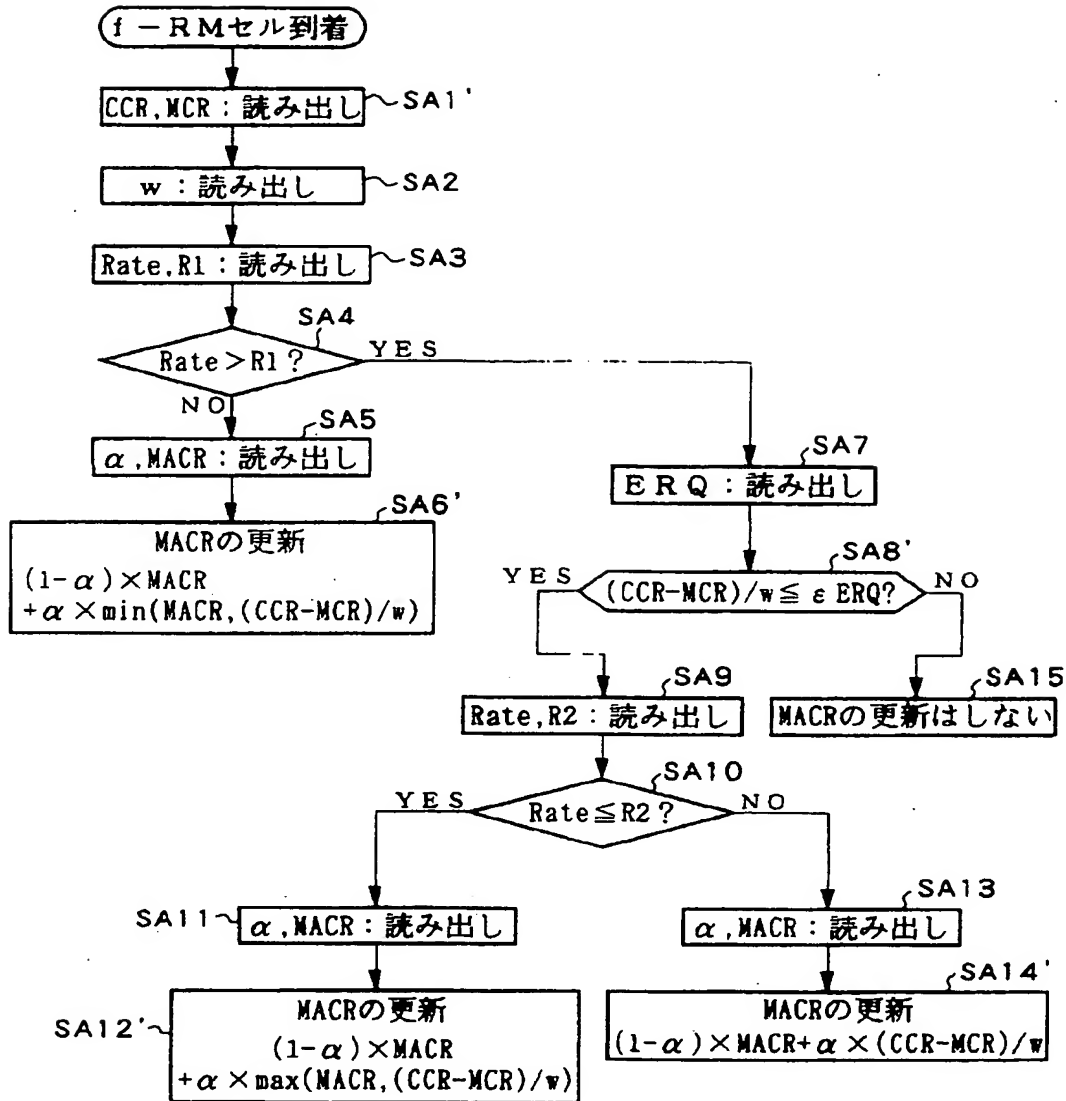
【図5】



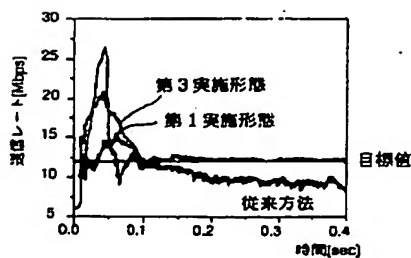
【図9】



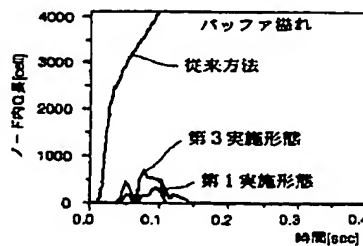
【図7】



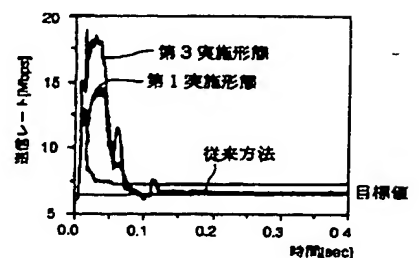
【図12】



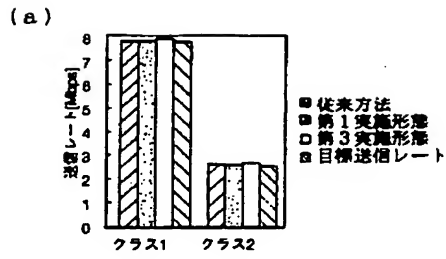
【図14】



【図15】



【図10】

(b)

| クラス  | 従来方法 | 第1実施形態 | 第3実施形態 | 目標送信レート |
|------|------|--------|--------|---------|
| クラス1 | 9    | 11     | 11     | 11      |
| クラス2 | 3    | 4      | 4      | 4       |

【図13】

(a)

| クラス  | 従来方法 | 第1実施形態 | 第3実施形態 | 目標送信レート |
|------|------|--------|--------|---------|
| クラス1 | 10   | 10     | 10     | 10      |
| クラス2 | 3.5  | 3.5    | 3.5    | 3.5     |

(b)

| クラス  | 従来例 | 第1実施形態 | 第3実施形態 | 目標送信レート |
|------|-----|--------|--------|---------|
| クラス1 | 6.5 | 6.5    | 6.5    | 6.5     |
| クラス2 | 2.5 | 2.5    | 2.5    | 2.5     |

-23-